



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월10일  
(11) 등록번호 10-2498552  
(24) 등록일자 2023년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01B 7/28 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)  
H01B 3/28 (2006.01) H01B 3/44 (2006.01)  
H01B 7/29 (2006.01) H01B 7/295 (2006.01)  
H01B 9/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01B 7/2806 (2013.01)  
H01B 1/026 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7004426  
(22) 출원일자(국제) 2015년08월13일  
심사청구일자 2020년07월10일  
(85) 번역문제출일자 2017년02월17일  
(65) 공개번호 10-2017-0041750  
(43) 공개일자 2017년04월17일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/045005  
(87) 국제공개번호 WO 2016/025685  
국제공개일자 2016년02월18일  
(30) 우선권주장  
62/036,829 2014년08월13일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2000090748 A\*  
JP2010170714 A\*  
KR1020090104209 A\*  
US03651244 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
제너럴 케이블 테크놀로지스 코오폰레이션  
미합중국, 켄터키 41076, 하이랜드 하이츠, 포어  
테세니아 드라이브  
(72) 발명자  
이 엘리엇 병화  
미국 인디애나주 46032 카멀 버켄스탁 스트리트  
12808  
시리푸라푸 스리니바스  
미국 인디애나주 46032 카멀 브렌든버그 드라이브  
12635  
토니알리 코크샬  
미국 코네티컷주 06043 볼턴 캐슬락 레인 38  
(74) 대리인  
정홍식, 김태현

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 김은경

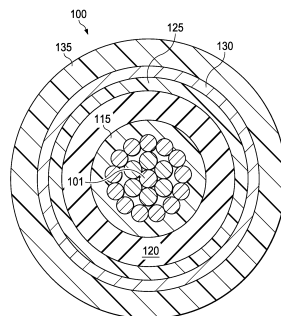
(54) 발명의 명칭 내방사선성 및 내열성 케이블들

(57) 요약

원자력 환경에서 사용하도록 의도된 케이블은 하나 이상의 도체들, 하나 이상의 도체들을 감싸는 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드 및 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드를 감싸는 가교 폴리올레핀 제킷 층을 포함한다. 이 케이블은 사용시 약 5,000 볼트 내지 약 68,000 볼트를 전도하며 내방사선성 및 내열성이다. 케이

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



블은 IEEE 323에 따라 측정될 때 약 40년 이상의 수명을 포함한다. 이러한 케이블을 활용하여 케이블 및 원자로를 제조하기 위한 방법이 또한 제공된다.

(52) CPC특허분류

*H01B 3/28* (2013.01)  
*H01B 3/441* (2013.01)  
*H01B 3/446* (2013.01)  
*H01B 7/292* (2013.01)  
*H01B 7/295* (2013.01)  
*H01B 9/02* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

원자력 환경들(nuclear environments)을 위한 케이블로서,

하나 이상의 도체들;

상기 하나 이상의 도체를 감싸는 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드(longitudinally applied corrugated shield); 및

상기 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드를 감싸는 가교 폴리올레핀 재킷 층(cross-linked polyolefin jacket layer)을 포함하고,

상기 케이블은 사용시 5,000 볼트 내지 68,000 볼트를 전도하고, 내방사선성 및 내열성이며, IEEE 323에 따라 측정될 때 40년 이상의 수명을 가지는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 케이블은 사용시 15,000볼트를 전도하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 도체는 40년 이상에 걸쳐 90℃ 이상의 온도에서 실질적으로 연속적으로 동작하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 케이블은 냉각제 손실 사고를 시뮬레이팅하는 설계 토대 이벤트(Design Basis Event) 후에 IEEE 383의 요건들을 만족하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 설계 토대 이벤트는 1년 동안 봉산 용액에의 침지를 포함하고, 봉산은 50℃ 내지 205℃로 유지되는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 케이블은 상기 설계 토대 이벤트 이전에 40년 이상의 원자로 수명을 시뮬레이팅하기 위해 100 MRad 이상의 방사선에 노출되는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 100 MRad 이상의 방사선은 감마 방사선 및 베타 방사선 중 하나 이상을 포함하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 가교 폴리올레핀 재킷은 폴리에틸렌 및 에틸렌 비닐 아세테이트를 포함하는 하나 이상의 에틸렌-함유 폴리머들을 포함하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 케이블은 IEEE 1202 수직 트레이 화염 테스트(vertical tray flame test)를 통과하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉘드는 구리 또는 구리 합금을 포함하는 금속 재료로 형성되는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉘드는 0.25 인치 이상의 오버랩(overlap)을 포함하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉘드는 주석을 포함하는 외부 층을 더 포함하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 케이블은 상기 하나 이상의 도체를 감싸는 절연 층을 더 포함하고, 상기 절연 층은 에틸렌 프로필렌 고무를 포함하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 케이블은 상기 하나 이상의 도체들을 감싸는 도체 쉘드 및 상기 절연 층을 감싸는 절연 쉘드를 더 포함하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉘드는 24시간 동안 180℃에서의 인공 에이징 후에 실질적으로 균열들이 없는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 수명은 60년 이상인, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 재킷 층은 방사선 경화되는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 18

제 1 항의 하나 이상의 케이블들을 포함하는 원자로.

#### 청구항 19

원자력 환경들을 위한 케이블로서,

하나 이상의 도체들;

상기 하나 이상의 도체들을 감싸는 절연 층;

상기 절연 층을 감싸는 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드; 및

상기 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드를 감싸는 가교 폴리올레핀 재킷 층을 포함하고,

상기 케이블은 사용시 5,000볼트 내지 68,000볼트를 전도하고, 열 및 100MRad의 방사선으로 상기 케이블을 40살 이상의 연령으로 인공적으로 에이징한 후 실질적으로 균열이 없는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

#### 청구항 20

원자력 환경들을 위한 케이블로서,

하나 이상의 도체들;

상기 하나 이상의 도체를 감싸는 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드; 및

상기 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드를 감싸는 가교 폴리올레핀 재킷 층을 포함하고,

상기 케이블은 사용시 5,000볼트 내지 68,000볼트를 전도하고, 24 시간 동안 180℃에서 그리고 100MRad의 방사선으로 상기 케이블을 40살 이상의 연령으로 인공적으로 에이징한 후 구조적 및 기능적 무결성을 유지하는, 원자력 환경들을 위한 케이블.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 출원은 2014년 8월 13일자로 출원되고 발명의 명칭이 RADIATION AND HEAT RESISTANT CABLES인 미국 가출원 일련 번호 제62/036,829호를 우선권으로 주장하고, 그리하여 본원에서 인용에 의해 동일 출원 그 전체를 포함한다.

[0002] 본 개시는 일반적으로 연장된 시구간들 동안 원자력 환경(nuclear environment)의 손상 조건들에 저항하는 케이블의 구조에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0003] 원자로의 격납 용기 내부와 같은 원자력 환경들에서 사용되는 케이블들은 열, 방사선, 압력 및 진동을 포함하는 손상 조건들에 지속적으로 처해진다. 그러한 손상 환경들에서의 케이블은 원자로의 안전한 동작에 중요하다. 결과적으로, 이러한 케이블들은 열, 방사선, 진동, 습도 및 압력에 대한 탁월한 내구성 및 저항을 가져야 한다. 이러한 요건들은 기능적 또는 구조적 저하에 시달리기 전에 케이블이 40년 이상 지속되도록 요구하는 IEEE 323 케이블 표준들에 반영된다. 또한, 이러한 표준들은 냉각의 손실과 같은 원자력 사고 시에 케이블이 구조적으로 또는 기능적으로 온전하게 유지되어야 함을 요구한다. 원자력 환경에서 사용하도록 의도된 기존 케이블들은 새로운 세대의 원자로들에 필요한 요건들에 대해 만족스러운 성능을 보여주지 못 했고, 다른 원인(detriment)들 중에서도, 산화 및 방사선에 대한 민감성, 구조적 장애들 및 약 40년의 제한된 수명을 오히려 보여주었다. 따라서, 원자력 환경에서 약 40년 이상 동안 동작할 수 있는 개선된 케이블에 대한 요구가 있다.

#### 발명의 내용

[0004] 일 실시예에 따라, 원자력 환경들을 위한 케이블은 하나 이상의 도체들, 하나 이상의 도체를 감싸는 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드(longitudinally applied corrugated shield) 및 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴

드를 감싸는 가교 폴리올레핀 재킷 층(cross-linked polyolefin jacket layer)을 포함한다. 이 케이블은 사용시 약 5,000 볼트 내지 약 68,000 볼트를 전도하며 내방사선성 및 내열성이다. 케이블은 IEEE 323에 따라 측정될 때 약 40년 이상의 수명을 갖는다.

[0005] 다른 실시예에 따라, 원자력 환경들을 위한 케이블은 하나 이상의 도체들, 하나 이상의 도체들을 감싸는 절연층, 절연 층을 감싸는 종방향으로 적용된 코루케이팅된 쉴드 및 종방향으로 적용된 코루케이팅된 쉴드를 감싸는 가교 폴리올레핀 재킷 층을 포함한다. 케이블은 사용시 약 5,000 볼트 내지 약 68,000 볼트를 전도한다. 케이블은, 열 및 약 100MRad의 방사선으로 약 40살 이상의 연령으로 인공적으로 에이징된 이후 실질적으로 균열들이 없다.

[0006] 다른 실시예에 따라, 원자력 환경을 위한 케이블은 하나 이상의 도체들, 하나 이상의 도체를 감싸는 종방향으로 적용된 코루케이팅된 쉴드 및 종방향으로 적용된 코루케이팅된 쉴드를 감싸는 가교 폴리올레핀 재킷 층을 포함한다. 상기 케이블은 사용시 약 5,000 볼트 내지 약 68,000볼트를 전도하고, 약 24시간 동안 약 180℃에서 그리고 약 100MRad의 방사선으로 케이블을 약 40살 이상의 연령으로 인공적으로 에이징한 후 구조적 및 기능적 무결성을 유지한다.

### 도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 특정 실시예들에 따라 원자력 환경들에서 사용하기 위한 중압 케이블(medium-voltage cable)의 단면도를 도시한다.

도 2는 냉각제 손실 사고를 시뮬레이팅하는 설계 토대 이벤트 테스트를 겪는 케이블의 테스트를 예시하는 그래프이다.

도 3은 냉각제 손실 사고를 시뮬레이팅하는 설계 토대 이벤트 테스트 이후 케이블들의 이미지를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 원자력 환경에서 사용하도록 의도된 전력 케이블들과 같은 케이블들은 전기적 기능성 및 구조적 무결성을 유지하기 위해 다양한 엄격한 설계 및 동작 요건들을 만족해야 한다. 예를 들어, 원자로에서의 사용에 적합한 케이블은 열, 방사선, 습기, 진동 또는 압력 중 하나 이상에 대해 내성이 있을 수 있고 약 40년 이상, 특정 실시예에서, 약 60년 이상의 수명을 갖는다. 원자력 환경에서 사용하기에 적합한 케이블은 일반적으로, 중앙 코어의 하나 이상의 도체들, 하나 이상의 도체들을 감싸는 절연체의 층, 절연체를 감싸는 종방향으로 적용된 쉴드 및 종방향으로 적용된 쉴드를 감싸는 재킷 층(jacket layer)을 포함할 수 있다.

[0009] 하나 이상의 도체들은 예를 들어, 구리, 구리 합금, 알루미늄, 알루미늄 합금 또는 알루미늄-지르코늄 합금과 같은 임의의 적합한 도전성 금속으로 형성될 수 있다. 당 분야에 알려진 바와 같이, 적합한 도체들의 양 및 크기는 전력 송신 및 감쇠 요건들과 같은 요건들에 의존하여 변동될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 다수의 도체들은 1/0 "AWG"(American Wire Gauge) 도체를 형성하도록 동축으로 꼬여질 수 있다. 인지될 수 있는 바와 같이, 도체들은 또한 특정 실시예에서, 적합한 코팅 프로세스를 통해 부식으로부터 보호될 수 있다. 예를 들어, 특정 실시예들에서, 도체들은 도체들 주위에 주석의 코팅을 적용하기 위해 ASTM B33 및 ASTM B8에 따른 티닝 프로세스(tinning process)를 통해 보호될 수 있다. 추가로 인지될 수 있는 바와 같이, 이러한 프로세스는 개별 도체 스트랜드들 각각 상에서 수행될 수 있거나, 또는 이러한 프로세스는 최-외곽 도체들과 같은 선택 도체들 상에서만 수행될 수 있다.

[0010] 인지될 수 있는 바와 같이, 하나 이상의 도체들은 케이블에 대한 지지를 제공하면서 요구되는 전력 요건들을 수행할 수 있는 임의의 적합한 어레이먼트(arrangement)로 배열될 수 있다. 특정 실시예들에 따라, 1/0 AWG 15kV 케이블의 도체는 케이블의 표면 온도보다 약 15 °C 내지 약 30 °C 더 따뜻하게 동작할 수 있다.

[0011] 절연 층은 원하는 절연 특성들, 유전 특성들뿐만 아니라 열, 방사선 및 진동과 같은 다양한 환경 조건들에 대한 충분한 저항을 제공하는 임의의 적합한 절연체로 형성될 수 있다. 예를 들어, 특정 실시예들에서, 절연 층은 에틸렌 프로필렌 고무 또는 "XLPE"(cross-linked polyethylene)와 같은 하나 이상의 폴리머들로 형성될 수 있다. 절연 층은 케이블의 전압 정격에 의존하여 크기면에서 변동될 수 있으며, 예를 들어 약 15kV의 전압 정격을 갖는 1/0 AWG 케이블의 경우 약 0.10 인치 내지 약 0.25 인치 두께가 될 수 있다. 당업자는 절연 층을 형성하기 위해 다른 적합한 재료들 및 구조들이 또한 사용될 수 있다는 것을 인지할 것이다.

[0012] 특정 실시예들에 따라, 원자력 환경들에서 사용하기 위한 케이블은 종방향으로 적용된 쉴드를 포함할 수 있다.

종방향으로 적용된 쉴드의 사용은 그러한 쉴드가 없거나 대안적인 쉴드 설계를 갖는 동일한 케이블과 비교하면, 원자력 환경의 높은 열 및 방사선으로 인해 스트레스를 받을 수 있는 케이블의 구조적 및 기능적 무결성을 개선할 수 있다. 예를 들어, 원자로의 강한 열은 나선형으로 적용된 테이프 쉴드를 갖는 케이블이 조기에 끊어지거나 파열되어 케이블의 내부 부분들을 손상에 노출할 수 있다. 이러한 손상은 케이블의 구조 및 기능을 악화시킬 수 있고, 추가 잔해(debris)를 생성함으로써 원자력 사고 시에 특히 위험할 수 있다. 또한, 끊어진 테이프의 예리한 에지들은 재킷 또는 주변 환경을 추가로 손상시킬 수 있다. 반대로, 종방향으로 적용되는 쉴드는 원자력 환경의 방사선 및 열에서 안정적인 수 있고 케이블의 예상된 40년 이상의 수명이 지나더라도 저하 및 테이프 끊어짐에 저항할 수 있다. 추가 이점은, 종방향으로 적용된 쉴드는 산화가 케이블을 감쇠시키는 것을 방지하는 연속적인 표면 영역을 포함할 수 있다는 것이다.

[0013] 종방향으로 적용된 쉴드는 예를 들어, 구리 또는 구리 합금과 같은 비-자성(또는 반자성) 재료와 같은 임의의 적합한 재료로 구성될 수 있다. 종방향으로 적용되는 쉴드의 오버랩은 도체의 게이지(gauge)에 의존하여 변동될 수 있다. 오버랩은 일반적으로, 쉴드가 케이블의 도체들 및 절연 층 주위를 감쌀 때, 종방향으로 적용된 쉴드의 하나의 에지가 대향 에지를 지나가는 양에 의해 정의된다. 예를 들어, 1/0 AWG 케이블에 대한 적합한 오버랩은 특정 실시예들에서 약 0.15 인치 이상, 특정 실시예들에서 약 0.20 인치 이상, 또는 특정 실시예들에서는 약 0.25 인치 이상일 수 있다. 인지될 수 있는 바와 같이, 종방향으로 적용된 쉴드는 특정 실시예에서, 적합한 코팅 프로세스를 통해 산화 및 부식으로부터 추가로 보호될 수 있다. 특정 실시예들에서, 종방향으로 적용된 쉴드는 예를 들어, 쉴드에 대한 부식 및 산화 손상을 방지하기 위해 쉴드에 대한 외층으로서 주석의 얇은 층을 적용하는 티닝 프로세스를 통해 보호될 수 있다. 이는 케이블에 대한 손상 및 감쇠를 방지하는 것을 도울 수 있다.

[0014] 특정 실시예들에서, 종방향으로 적용된 쉴드는 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드(corrugated shield)를 형성하도록 코루게이팅될 수 있다. 이러한 코루게이션은 비-코루게이팅된 종방향으로 적용된 쉴드보다 증가된 유연성 및 기계적 강도를 포함하는 추가 개선된 특성들을 제공할 수 있다.

[0015] 특정 실시예들에 따라, 적절한 재킷 층이 종방향으로 적용된 쉴드를 감싸도록 포함될 수 있다. 재킷 층은 원자력 환경에서 발견되는 높은 열, 방사선 및 압력에 저항하는데 도움을 줄 수 있다. 특정 실시예들에서, 재킷 층은 예를 들어, 폴리에틸렌(LDPE(low-density polyethylene), HDPE(high-density, high molecular weight polyethylene), UHDPE(ultra-high molecular weight polyethylene), LLDPE(linear-low-density polyethylene) 매우-저 밀도 폴리에틸렌 등을 포함함), 에틸렌 비닐 아세테이트와 같은 에틸렌-함유 폴리머들뿐만 아니라, 폴리프로필렌, 말레화 폴리프로필렌, 폴리부틸렌, 폴리헥사레인, 폴리옥텐 및 코폴리머, 혼합물들 또는 그의 블렌드들을 포함하는 가교 폴리올레핀(cross-linked polyolefin)으로 형성될 수 있다.

[0016] 폴리올레핀 재킷 층의 가교는 방사선 가교 프로세스를 통해 또는 수분-경화 가교 프로세스를 통해 발생할 수 있다. 이러한 가교 프로세스의 적합한 예들은 전자 빔 가교, 실란 가교 및 과산화물 경화를 포함한다. 적합한 실란 경화 프로세스들은 Sioplas, Monosil, Visico™ 및 Ambicat를 포함할 수 있다.

[0017] 인지될 수 있는 바와 같이, 원자력 환경에서의 사용에 적합한 케이블은, 예를 들어, 도체 쉴드 및 절연 쉴드 중 하나 이상을 비롯해서, 특정 실시예들에 따라 다른 컴포넌트들을 더 포함할 수 있다. 이러한 도체 및 절연 쉴드는 독립적으로, 가교 폴리머로 형성된 반도체성 폴리머 층들일 수 있다. 반도체성 폴리머는 카본 블랙, 흑연 또는 금속 입자들과 같은 충전제를 폴리머 매트릭스에 포함시킴으로써 형성될 수 있다. 반도체성 폴리머의 가교 결합은 예를 들어 수분, 화학, 열, UV 및 e-빔 경화 방법들을 포함하는 임의의 적합한 방법을 통해 발생할 수 있다. 가교제(cross-linking agent)는, 액체, 반-고체 또는 파우더 형태들로, 단독으로 또는 다른 작용기들(functional groups)과 결합하여, 그래프팅(grafted)되거나 백본들에 있는 우레탄, 플루오르, 실란, 플루오로 실란, 플루오로 실리콘, 실세스퀴옥산, 폴리테트라플루오로 에틸렌("PTFE"), 에폭시, 페놀, 에테르, 실리콘, 아크릴 기들을 갖는 히드록실, 산, 에폭시드, 아민, 시아네이트 함유 모노머, 또는 올리고머 또는 폴리머에 대해 반응성인 가교제를 포함(그러나 이것으로 제한되지 않음)할 수 있다. 적합한 화학적 가교제들(예를 들어, 반응제들)은 가교 가능 플루오로 코폴리머와 혼합될 때 조성물의 경화를 촉진할 수 있는 모노머릭(monomeric) 또는 올리고머릭 폴리머 수지(oligomeric polymeric resin)를 포함할 수 있다. 적합한 가교제의 특정 예들은, 아크릴레이트, 플루오로 실란, 플루오로 실리콘, 메타크릴 에스테르, 실란, 금속 촉매, 트리알릴 이소시아누레이트("TAIC"), 과산화물 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 특정 예시적인 실시예들에서, 플루오로 코폴리머는 예를 들어, 헥사메틸렌-6,6-다이소시아네이트("HDI")와 같은 폴리이소시아네이트 가교제로 가교될 수 있는 히드록실기들을 가질 수 있다. 이러한 HDI 제(agent)는 방향족 또는 지방족일 수 있다. 특정 실시예들에서, 가교 반응



을 가속시키기 위해 촉매가 추가로 포함될 수 있다.

- [0018] 도체 쉴드 및 테이프 쉴드를 포함하는 원자력 환경에서의 사용에 적합한 케이블이 도 1에 도시된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 케이블(100)은 하나 이상의 도체(101), 도체 쉴드(115), 절연 층(120), 절연 쉴드(125), 종방향으로 적용된 쉴드(130) 및 재킷 층(135)을 포함한다. 특정 실시예들에 따라, 이러한 케이블(100)을 제조하는 방법은, 하나 이상의 도체들(101)을 제공하는 단계, 하나 이상의 도체들(101)을 따라 종방향 쉴드(130)를 적용하는 단계, 종방향 쉴드(130)를 코루게이팅(corrugating)하여 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드를 형성하는 단계, 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드를 감싸는 재킷 층(135)을 적용하는 단계, 및 그 후 재킷 층(135)을 경화시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 특정 실시예들에서, 원자력 환경에서 사용하기에 적합한 케이블은 중압(medium voltage) 케이블일 수 있고, 약 5,000 볼트 내지 약 68,000 볼트를 전도할 수 있다. 이해될 바와 같이, 케이블의 게이지는 전압 및 전류에 의존하여 변동될 수 있다. 예를 들어, 원자력 환경에서 사용하기에 적합한 15,000 볼트 케이블은 1/0 AWG 케이블일 수 있다.
- [0020] 원자로에서 사용하기에 적합한 케이블은 원자로 제조 요건들에 따라 약 40년 이상의 수명을 갖도록 요구된다. 케이블의 수명은 예를 들어 IEEE 323 표준을 사용하는 인공 에이징(artificial aging)의 프로세스를 통해 비교적 짧은 양의 시간 내에 추정될 수 있다. 이러한 인공 에이징은 열 및/또는 방사선을 통해 발생할 수 있다. 하나의 이러한 열 에이징 방법은 상승된 열의 적용을 통해 인공적으로 케이블을 에이징시키는 Arrhenius Aging이다. 이러한 상승된 열은 미래의 시점에 컴포넌트들에서 보여질 것으로 예상되는 열화(deterioration)와 유사한 방식으로 개별 컴포넌트들을 에이징한다. 특정 실시예들에서, 원자력 환경에서의 사용에 적합한 케이블은 약 180℃에서 24 시간 동안의 열 에이징 그리고 약 100MRad 이상 및 특정 실시예들에서, 약 200 MRad 이상의 방사선의 노출 이후, 구조적 무결성 및/또는 기능적 무결성을 유지할 수 있다. 이러한 인공 에이징은 IEEE 323(2003) 및 IEEE 383(2003) 표준들에 따라 60 년의 수명을 시뮬레이션할 수 있다. 인지될 바와 같이, 이러한 방사선은 감마 방사선 또는 베타 방사선 중 하나 이상일 수 있다.
- [0021] 구조적 무결성은, 케이블이 물리적으로 온전한 채로 유지되고 주변 환경을 잔해에 노출시킬 수 있는 파열, 누출 또는 다른 구조적 손상을 당하거나 원자력 환경으로부터의 열 또는 방사선에 케이블의 내부를 노출시키지 않는 것을 의미할 수 있다. 또한, 이러한 케이블들은 그들의 유연성을 유지할 수 있다. 기능적 무결성은, 케이블이 예를 들어, 감쇠 없이 원하는 전류 또는 신호를 전달하는 것과 같이 예상되는 방식으로 계속 동작한다는 것을 의미할 수 있다.
- [0022] 인지될 수 있는 바와 같이, 원자력 환경에서 사용 또는 동작하도록 의도된 케이블은 "LOCA"(loss of cooling accident)와 같은 원자력 사고 동안 구조적 및/또는 기능적 무결성을 또한 유지해야 한다. IEEE 383 표준들에 따라, 원자로 냉각제 손실 사고를 시뮬레이션하는 설계 토대 이벤트(Design Basis Event) 테스트가 공식화되었다. 공식화된 설계 토대 이벤트 테스트는, 케이블이 구조적으로 온전한 채로, 그리고 전기적으로 기능하는 채로 유지하면서 고온 봉산 용액에 1년간의 침지를 견딜 수 있을 것을 요구한다. IEEE 383은 또한 에이징되지 않은 케이블 및 인공적으로 에이징된 케이블 모두가 설계 토대 이벤트를 통과할 것을 요구한다. 특정 실시예들에 따라, 원자력 환경들에서의 사용에 적합한 에이징되지 않은 케이블은, 약 1년 동안 약 125 °F 내지 약 400 °F의 온도를 갖는 봉산 용액에 침지시킨 후에 기능적으로 동작하고 및/또는 구조적으로 온전하게 유지될 수 있다. 마찬가지로, 인공적으로 약 60살의 수명으로 에이징되고 약 350 MRad의 방사선에 노출된 케이블은, 약 1년 동안 약 125 °F 내지 약 400 °F(약 50℃ 내지 약 205℃)의 온도로 가열된 봉산에의 침지 후에 구조적 및 기능적 무결성을 유지할 수 있다. 인지될 바와 같이, 이러한 연령으로 인공적으로 에이징된 케이블은 또한 더 적은 양의 방사선으로 더 짧은 수명으로 에이징되고 구조적 및 기능적 무결성을 유지할 수 있다.
- [0023] 원자력 환경의 케이블은 또한 예를 들어, 화염 또는 화재와 같이 원자력 환경 또는 케이블의 동작에 대해 상당한 안전 위협을 제기할 수 있는 다양한 다른 사고들에 처해질 수 있다. 특정 실시예들에서, 원자력 환경을 위해 의도된 케이블은 난연성(flame retardant)일 수 있고 IEEE 1202(1991) 또는 NFPA 262(2002)에 열거된 트레이 테이블 수직 화염 요건들(tray table vertical flame requirements)을 통과할 수 있다. 케이블은, 버너가 위를 향한 채로 수평으로부터 20 ° 로 장착된 버너에 노출된 케이블이 버너의 1.5m 내에서만 까맣게 탈(char) 때 IEEE 1202의 표준들을 만족할 수 있다.
- [0024] 인지될 바와 같이, IEEE 323의 모든 요건들을 충족하는 케이블은 클래스 1E 케이블로 간주될 수 있으며, 예를 들어, 세대 3, 세대 3+, 또는 세대 4 원자로와 같은 원자로에서의 사용에 적합할 수 있다. 이러한 원자로들의 적합한 예들은, 예를 들어, 웨스팅하우스 일렉트릭 AP600 원자로, 웨스팅하우스 일렉트릭 AP1000 원자로, GE 어



드밴스드 비등수 원자로(ABWR), 미쓰비시 중공업 어드밴스드 가압 수형 원자로(APWR) 및 어드밴스드 CANDU 원자로(ACR-1000)를 포함한다. 원자로의 추가의 세부사항들은, 다음의 특허들: 미국 특허 제5,087,408호; 미국 특허 제5,096,659호; 및 미국 특허허여-전 공보(Pre-Grant Publication) 제2007/0092053호; 및 미국 특허허여-전 공보 제2009/0323884호에서 발견될 수 있으며, 이들 각각은 그 전체가 인용에 의해 포함된다. 특정 실시예들에서, 방사선 격납 용기에, 원자력 환경에서 사용하기에 적합한 적어도 하나의 케이블을 포함하는 원자로가 구성될 수 있다. 특정 실시예들에서, 원자력 환경에서 사용하기에 적합한 케이블은 클래스 1E 케이블의 조건들을 충족시킬 수 있다. 원자로의 케이블은 약 5,000 볼트와 약 68,000볼트 사이에서 전도(conduct)할 수 있다.

[0025] 예들:

[0026] 도 2는 냉각제 손실 사고를 시뮬레이팅하는 "DBE"(Design Basis Event) 테스트를 예시하는 그래프를 도시한다. 이 그래프는 복수의 도체들, 도체 쉘드, 절연 층, 절연 쉘드, 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉘드 및 가교 폴리올레핀(XLPO) 재킷 층을 포함하는 원자력 환경에서 사용하기에 적합한 15kV 케이블들의 테스트를 도시한다. 케이블들은 약 60 살의 수명으로 앞서 인공적으로 에이징되고 230MRad의 방사선 또는 350MRad의 방사선에 노출됐다. 도 2에서 도시된 바와 같이, 케이블들은 봉산 용액에 침지되는 동안 높은 온도 및 압력에 처해진다. 테스트 후, 케이블들은 구조적 및 기능적으로 동작 상태(operational)를 유지했다.

[0027] 표 1은 케이블 재킷 층에 사용되는 폴리머들의 다양한 특성들을 도시한다. 표 1은 본 개시의 재킷 층에 적합한 가교 폴리올레핀 층을 사용하는 본 발명의 예 및 종래의 중압(medium-voltage) 원자력 케이블들에서 사용되는 클로로술폰화 폴리에틸렌("CSPE") 재킷을 사용하는 비교 예를 포함한다. 클로로술폰화 폴리에틸렌 재킷은 약 40 년의 최대 수명을 갖고 열 및 방사선 에이징 후 균열이 생긴다는 점에서 비교 대상이다. 대조적으로, 본 발명의 예들은 가교된 폴리올레핀으로 형성된 재킷을 사용하고 더 우수한 특성을 나타내며 테스트 전반에 걸쳐 구조적으로 그리고 기능적으로 동작 상태를 유지한다.

표 1

특성	비교예	본 발명의 예
초기		
초기 인장 강도 (psi min.)(ICEA T-27-581, 4.11.7)	1800	2200
파열시 초기 연장 (% min.)(ICEA T-27-581, 4.11.9)	300	225
7일동안 100℃에서 에어 에이징 후		
인장 강도의 유지 (% min.) (ICEA T-27-581, 4.11.11.1)	85	>95
연장의 유지 (% min.) (ICEA T-27-581, 4.11.11.1)	65	>95
7일동안 121℃에서 에어 에이징 후		
인장 강도의 유지 (% min.) (ICEA T-27-581, 4.11.11.1)	--	93
연장의 유지 (% min.) (ICEA T-27-581, 4.11.11.1)	--	102
18시간 동안 121℃에서 에어 에이징 후		
인장 강도의 유지 (% min.) (ICEA T-27-581, 4.11.11.4)	60	72
연장의 유지 (% min.) (ICEA T-27-581, 4.11.11.4)	60	95
150℃에서 열변형 테스트 (% max) (ICEA S-95-658, 6.6.3)	100	50
태양광 저항		
인장 강도의 유지 (% min.) (ICEA S-95-658, 6.6.3)	80	92
연장의 유지 (% min.) (ICEA S-95-658, 6.6.3)	80	90
콜드 블렌드 (°C) (ICEA T-27-581, 4.2)	-25	-40
IEEE 1202 수직 트레이 화염 테스트	통과	통과

[0028]

[0029]

도 3은 도 2에서 평가된 15kV 케이블의 이미지를 도시하며, DBE 테스트 후의 케이블들의 구조적 안정성을 시각적으로 보여준다. 도 3에 도시된 케이블은, 종방향으로 적용된 코루게이팅된 구리 쉴드 및 XLPO 재킷 층을 포함한다. 도 3에 의해 입증되는 바와 같이, 평가된 케이블은 종방향으로 적용된 코루게이팅된 쉴드 또는 재킷 층에 어떠한 가시적인 균열들도 나타내지 않기 때문에 구조적 무결성을 유지하였다. 케이블은 또한 IEEE 383에 따라 기능성을 유지했다.

[0030]

본 명세서 전반에 걸쳐 주어진 각각의 모든 최대 수치 제한은, 각각의 모든 더 낮은 수치 제한들이 본원에 명시적으로 기재되어 있는 것처럼, 그러한 더 낮은 수치 제한을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 명세서 전반에 걸쳐 주어진 각각의 모든 최소 수치 제한은, 각각의 모든 더 높은 수치 제한들이 본원에 명시적으로 기재되어 있는 것처럼, 그러한 더 높은 수치 제한을 포함할 것이다. 본 명세서 전반에 걸쳐 주어진 모든 수치 범위는, 각각의 모든 보다 좁은 수치 범위들이 모두 본원에 명시적으로 기재된 것처럼 그러한 보다 넓은 수치 범위 내에 속하는 그러한 보다 좁은 수치 범위를 포함할 것이다.

[0031]

임의의 상호-참조 또는 관련 특허 또는 출원을 포함해서, 본원에서 인용된 모든 문헌은, 명백히 배제되거나 달리 제한되지 않는 한 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다. 임의의 문헌의 인용은, 그것이 본원에서 개시되

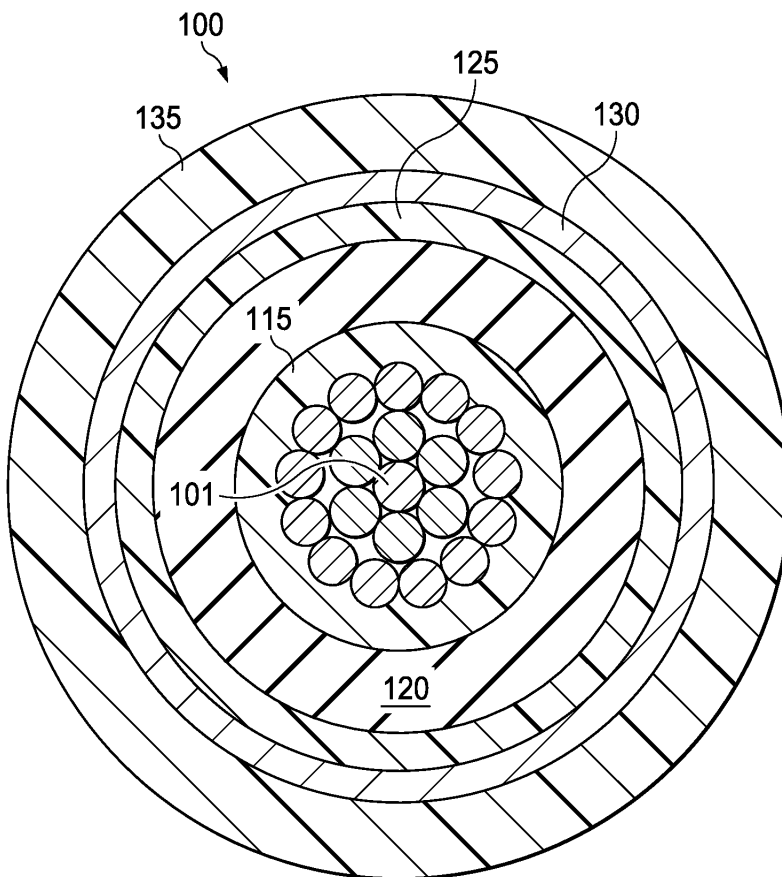
거나 청구된 임의의 발명에 관한 종래 기술이거나 또는 그것이 단독으로 또는 임의의 다른 참조 또는 참조들과의 임의의 조합으로, 임의의 그러한 발명을 교시, 제안 또는 개시한다는 것을 인정하는 것이 아니다. 또한, 이 문헌에서 용어의 임의의 의미 또는 정의는 인용에 의해 포함된 문헌에서 동일한 용어의 임의의 의미 또는 정의와 충돌하는 정도까지, 이 문헌의 해당 용어에 할당된 의미 또는 정의가 결정되어야 한다.

[0032]

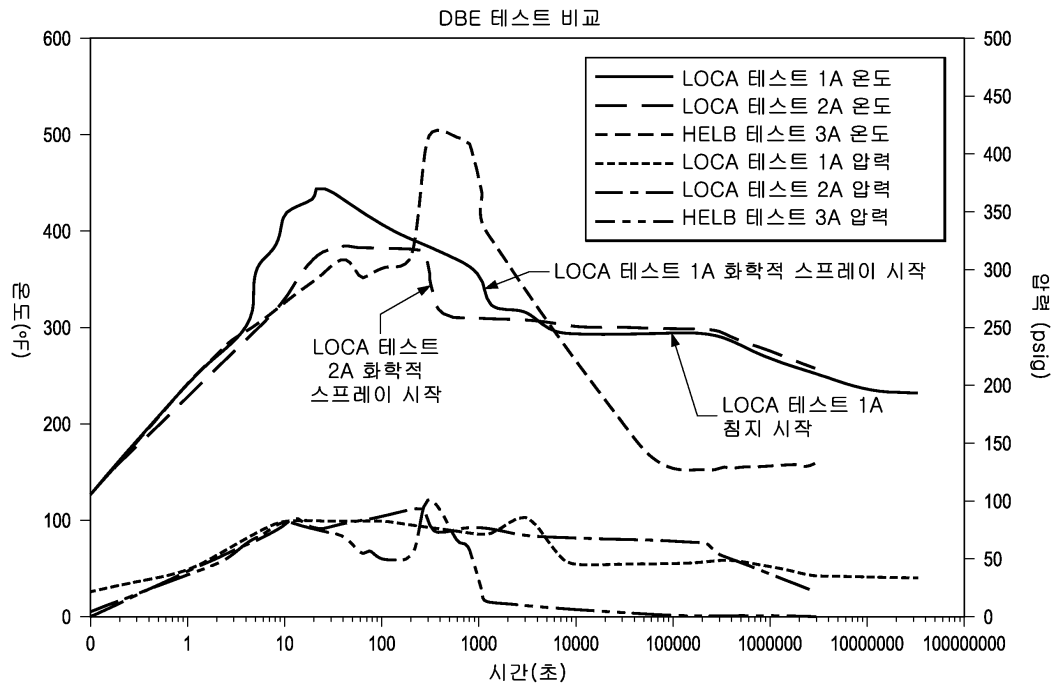
실시예들 및 예들의 전술한 설명은 설명의 목적으로 제시되었다. 그것은 총망라하거나 설명된 형태들로 제한하도록 의도되지 않는다. 다수의 변형들이 위의 교시의 견지에서 가능하다. 이들 변형들 중 일부가 논의되었고 다른 것들은 당업자에 의해 이해될 것이다. 실시예들은 당업자의 예시를 위해 선택되고 설명되었다. 오히려, 그 범위는 이로써, 다양한 실시예들을 첨부된 청구항들에 의해 정의되도록 의도된다. 물론, 범위는 본원에서 기술되는 예들 또는 실시예들에 제한되는 것이 아니라, 임의의 수의 애플리케이션 및 그의 등가의 물품들에서 사용될 수 있다.

## 도면

### 도면1



도면2



도면3

