



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0137769  
(43) 공개일자 2011년12월23일

(51) Int. Cl.

H01B 12/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7018885

(22) 출원일자(국제출원일자) 2010년03월05일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년08월12일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2010/052813

(87) 국제공개번호 WO 2010/108771

국제공개일자 2010년09월30일

(30) 우선권주장

09290218.8 2009년03월25일

유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인

넥쌍

프랑스공화국, 75008 파리, 뒤편 제네랄 푸아 8

(72) 발명자

소이카, 라이너

독일연방공화국, 30559 하노버, 아돌프-팔케-백 13

슈미트, 프랑크

독일연방공화국, 30855 랑엔하겐, 힌터 템 도르페 10

(74) 대리인

특허법인오리진

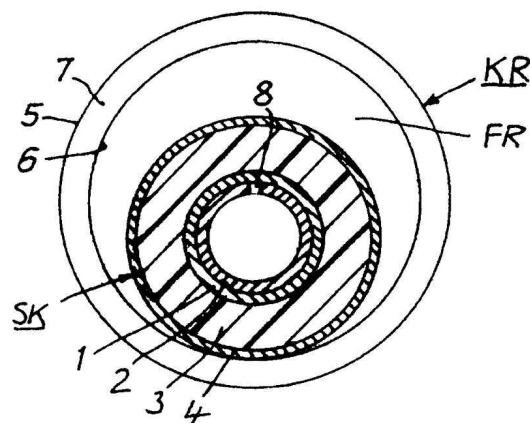
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 초전도성 전기 케이블

(57) 요약

본 발명은 스트립 또는 와이어로 구성된 하나 이상의 초전도체(1)를 구비한 초전도성 케이블(SK)에 관한 것이며, 상기 스트립 및 와이어는 튜브(2)로 실시된 지지체 주변의 층에 감싸져 있다. 상기 튜브(2)는 탄성적으로 변형될 수 있고, 상기 튜브의 전체 길이로 확장되어 축 방향으로 뻗어 있는 갭(8)을 구비하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

스트립 또는 와이어로 구성된 하나 이상의 초전도체를 구비한 초전도성 전기 케이블로서, 상기 스트립 또는 와이어는 튜브로 구성된 지지체 주위에 하나 이상의 층으로 감싸져 있는, 초전도성 전기 케이블에 있어서,

상기 튜브(2)는 탄성적으로 변형될 수 있고, 상기 튜브의 길이 전체를 따라축 방향으로 뻗어 있는 갭(8)을 구비하는 것을 특징으로 하는 케이블.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 튜브(2)는 상기 튜브의 종 방향에 대해 횡 방향으로 주름져 있는 것을 특징으로 하는 케이블.

### 청구항 3

제1항 또는 2항에 있어서,

상기 갭(8)은 상기 튜브(2)의 피복 라인을 따라 직선으로 뻗어 있는 것을 특징으로 하는 케이블.

### 청구항 4

제1항 또는 2항에 있어서,

상기 갭(8)은 나선형으로 뻗어 있는 것을 특징으로 하는 케이블.

### 청구항 5

제1항 내지 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 튜브(2)는 스테인리스강으로 구성되는 것을 특징으로 하는 케이블.

### 청구항 6

제1항 내지 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 튜브(2)는 구리 또는 구리 합금으로 구성되는 것을 특징으로 하는 케이블.

### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 튜브(2)는 베릴륨-구리-합금으로 구성되는 것을 특징으로 하는 케이블.

### 청구항 8

제1항 내지 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 튜브(2)는 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성되는 것을 특징으로 하는 케이블.

## 명세서

## 기술분야

[0001] 본 발명은 초전도성 전기 케이블에 관한 것이며, 상기 케이블은 스트립 또는 와이어로 구성된 하나 이상의 초전도체를 구비하고, 상기 스트립 또는 와이어는 튜브로 구성된 지지체 주변에 하나 이상의 층(layer)으로 감싸져 있다(WO 03/052775 A1).

## 배경기술

[0002] 현재의 기술 수준에서 상기 초전도성 케이블은 충분히 낮은 온도에서 초전도성 상태로 변하는 세라믹 재료와 같은 복합 재료로 구성된 전기 도체를 포함한다. 이러한 재료로 구성된 도체의 직류 저항은 정해진 전류 강도, 즉 임계 전류 강도가 초과 되지 않을 경우, 충분히 냉각된 상태에서 0이다. 예를 들어, 적합한 세라믹 재료는 희토류 계열(ReBCO), 특히 YBCO(이트륨-바륨-구리-산화물), 또는 BSCCO(비스무트-스트론튬-칼슘-구리-산화물) 계열의 산화 금속이 있다. 상기 재료를 초전도 상태로 변화시키기 위한 충분히 낮은 온도는 예를 들어 67K 내지 90K이다. 적합한 냉각제로는 예를 들어 질소, 헬륨, 네온 및 수소 또는 이러한 물질의 혼합물이다.

[0003] 전술한 WO 03/052775 A1에 따른 공지된 케이블은 초전도체를 구비하며, 상기 초전도체는 튜브 주변에 하나 이상의 층으로 형성되어 있다. 도체를 감싸고 있는 또 다른 층도 상기 케이블에 속한다. 상기 케이블은 자유 공간 개방하에서 동축으로 배열된 두 개의 금속 튜브에 있는 저온 유지 장치에 배열되어 있으며, 상기 튜브 사이에 진공 절연체가 배열되어 있다. 상기 도체의 초전도성 상태에 영향을 주는 냉각제는 튜브 및 상기 저온 유지 장치의 자유 공간을 통해 운반될 수 있다.

[0004] 선행 기술에서 상기 초전도성 케이블의 도체는 초전도성 재료의 스트립 또는 와이어로 구성되며, 상기 스트립 또는 와이어는 지지체, 예를 들어 튜브 주변의 층에 휘감겨져 있다. 상기 케이블 작동을 위해 실온으로부터 초전도성 상태에 필요한 온도로 도체 냉각으로 인해 초전도성 도체 재료는 약 0.25% 내지 0.3% 수축한다. 이것은 예를 들어 케이블의 길이가 600m일 경우, 도체는 약 1.5m 내지 1.8m 감소 될 수 있다. 상기 초전도성 케이블 및 상기 케이블의 도체는 연결부에 있는 단부에 고정되어 있다. 냉각으로 인한 상기 도체의 현저한 축소는 연결부의 현저한 장력 부하를 발생시킨다. 또한, 상기 축소는 도체와 도체의 개별 요소의 과팽창 및 이로 인한 손상을 야기하며, 이로 인해 상기 도체를 사용할 수 없게 된다. 상기 도체에 미치는 이러한 영향을 억제하기 위해, EP 1 821 380 B1에 따라 상기 도체의 단부는 우선 성공적인 냉각과 함께 초전도성 상태에 대응하여 짧아진 길이로 상기 저온 유지 장치에 고정되어야 한다. 이러한 조치를 취하기 위해 상대적으로 상당한 비용이 발생한다. 예를 들어 상기 초전도성 케이블이 수리를 목적으로 실온으로 가열될 경우, 연결부 또한 확장된 케이블로 인해 기계적 부하가 걸리게 된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 온도에 제한을 받는 도체의 길이 변화가 간단한 방법으로 보정될 수 있도록 전술한 케이블을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 목적은 튜브가 탄성적으로 변형될 수 있고, 상기 튜브의 길이 전체를 따라 축 방향으로 뻗어 있는 갭을 구비함으로써 해결된다.

[0007] 상기 케이블의 경우, 외부로부터 영향을 받아 방사상 방향으로 압력 부하가 걸릴 때 튜브 지름이 축소될 수 있도록 도체의 지지체로서 사용된 튜브가 탄성적으로 변형될 수 있다. 이것은 상기 튜브의 종 방향으로 뻗어 있는 갭을 통해 보장되고, 상기 갭은 실온에서 충분히 넓게 계산되어 있으며, 이로 인해 도체가 냉각되는 동안 상기 갭이 좁아 지고, 최대로 폐쇄될 수 있다. 냉각되는 동안 도체가 축소될 수 있게 되면 일반적으로 방사상 방향으로 상기 도체의 지지체에 영향을 주므로, 상기 케이블의 단부에 있는 연결부에 장력 부하가 발생 되지 않는다. 상기 튜브가 탄성적으로 변형될 수 있기 때문에, 상기 튜브의 축소 또는 극단적인 경우로서 상기 튜브가 방사상 방향 부하가 단절되는 경우 상기 갭이 다시 확장되므로, 상기 튜브의 지름이 다시 커진다. 이로 인해, 상기 초전도성 케이블의 도체는 상기 도체의 길이와 무관하게 냉각 또는 가열시 지속적으로 지지체로서 작용하는 튜브의 표면에 고정된다. 본 발명의 의미에서 "탄성적으로 변형될 수 있음"의 표현은 튜브가 상기 튜브를 감싸고 있는 도체에 대해 지속적으로 밀어붙이는 것, 즉 넓은 의미에서 스프링 특성을 갖는 것을 의미한다.

[0008] 실온에서 전술한 의미로 작용하는 튜브에 필요한 갭의 너비는 상기 튜브의 지름, 상기 튜브의 재료 및 실온과 초전도성 상태에 있는 케이블의 작동 온도 간의 편차에 따라 계산되어 제공될 수 있다.

[0009] 본 발명에 따른 실시예를 도면을 통해 아래와 같이 상세하게 설명하도록 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 초전도성 케이블을 구비한 시스템의 횡단면을 도시하고 있고,

도 2는 케이블의 도체를 위한 지지체로서 본 발명에 따른 초전도성 케이블용으로 사용될 수 있는 튜브를 도시하고 있고,

도 3 및 4는 도 2에 대해 변형된 튜브의 실시 형태를 도시하고 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 도 1은 저온 유지 장치(KR)에 배열된 초전도성 케이블(SK)의 원칙적인 구성을 도시하고 있다. 상기 케이블(SK)은 초전도성 도체(1)를 구비하며, 상기 도체는 지지체로서 구성된 튜브(2)를 둘러싸면서 형성되어 있다. 상기 도체(1)는 절연체(3)에 의해 감싸져 있으며, 상기 절연체 위에 초전도성 실드(4)가 배열되어 있다. 상기 저온 유지 장치(KR)는 서로 동축으로 배열된 두 개의 금속 튜브(5, 6)으로 구성되며, 상기 튜브 사이에 진공 절연체(7)가 배열되어 있다. 상기 저온 유지 장치(KR)는 케이블(SK) 및 냉각제 운반을 위한 자유 공간(FR)을 감싸고 있다.

[0012] 상기 저온 유지 장치(KR)의 튜브(5, 6)는 바람직하게는 스테인리스강으로 구성된다. 상기 튜브는 상기 튜브의 종 방향에 대해 횡 방향으로 주름진 형태일 수 있다. 상기 도체(1) 및 실드(4)는 일반적인 초전도성 재료로 구성되며, 특히 전술한 재료 YBCO 및 BSCCO로 구성될 수 있다. 상기 도체(1)는 바람직하게는 초전도성 스트립 또는 와이어로 구성되며, 상기 스트립 또는 와이어는 하나 이상의 층으로 상기 튜브(2) 주변에 감싸져 있다. 상기 절연체(3)는 종래의 기술에 따라 구성되어 있다. 상기 케이블(SK)은 도 1에 따른 실시 형태에 따라 냉각 절연체를 구비한 초전도성 케이블이다.

[0013] 도체(1)를 위한 지지체로서 사용된 튜브(2)는 전술한 의미에서 탄성적으로 변형될 수 있고, 특히 변형 가능한 지름을 갖는 방사상 방향으로 변형될 수 있다. 바람직한 실시 형태에서, 상기 튜브(2)는 스테인리스강, 구리 또는 알루미늄 또는 전술한 것의 합금으로 구성된다. 바람직하게는, 상기 튜브는 예를 들어 베릴륨-구리-합금으로 구성될 수 있다. 도 4에 대응하여 상기 튜브는 상기 튜브의 종 방향에 대해 횡 방향으로 주름진 형태일 수 있다.

[0014] 튜브(2)는 상기 튜브의 전체 길이로 뻗어 있는 갭(8)을 구비하며, 상기 갭은 도 2에 따라 상기 튜브의 피복 라인을 따라 직선으로 뻗어 있다. 상기 갭(8)은 도 3에 따라 나선형 모양, 바람직하게는 큰 양각(angle of elevation)으로 뻗어 있을 수 있다.

### 실시 예

[0016] 상기 갭(8)의 너비는 예를 들어 아래와 같이 계산될 수 있다:

[0017] 레이 길이(LS)를 갖는 도체가 지름(D)을 갖는 코일 주변에서 스트랜딩 될 경우, 레이 길이(LS) 당 도체 길이

$$L = \sqrt{LS^2 + \pi^2 D^2}$$

(L)는 방정식 을 통해 얻어 진다. 도체가 냉각될 경우, 상기 도체는 수축을 통해 특히 짧아진다. 상기 수축은 감겨 있는 도체로 구성된 코일 형태의 지름 축소가 가능해 짐으로서 보정될 수 있다. 이것은 냉각 도체의 길이(LK)에도 다음과 같이 해당 될 경우 달성된다:  $LK = \bullet \cdot L$ .  $\bullet$ 은 코일 재료의 열 수축에 좌우되는 계수이다. 금속 재료는 상기 금속 재료가 실온으로부터 77K로 냉각될 경우 예를 들어 약 0.3% 수축한다. 이 경우,  $\bullet = 1 - 0.003 = 0.997$ 이다. 전술한 방정식으로부터

$$\sqrt{LS^2 + \pi^2 D^2} \times \bullet = \sqrt{L^2 + \pi^2 DK^2}$$

의 경우 냉각된 상태에서 수축된 도체의 코일 형태가 수축되어야 하는 지름(DK)이 결정될 수 있다는 결론이 도출된다.

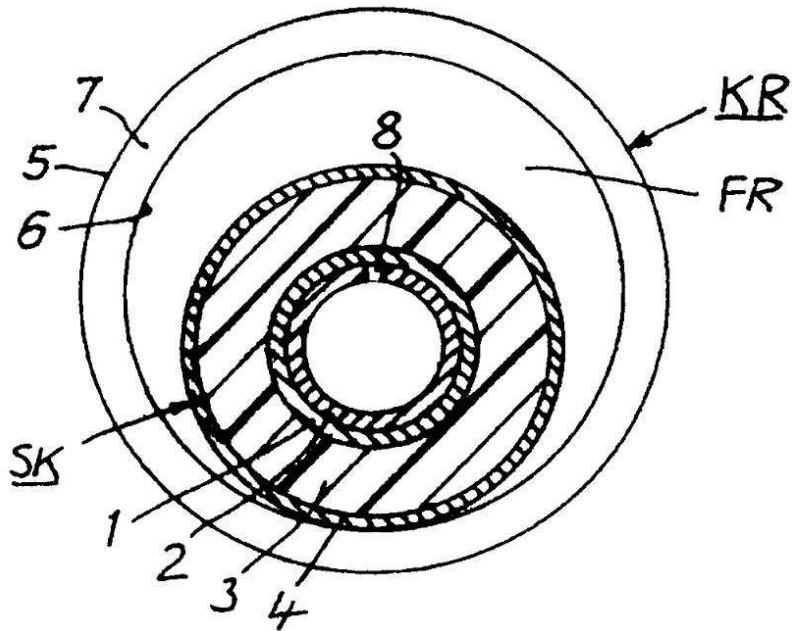
[0018] 상기 초전도성 케이블(SK)에는 도체가 예를 들어 스테인리스강으로 구성된 25mm 지름을 갖는 튜브 주변에 휘감겨 있어야 한다. 상기 레이 길이(LS)는 지름의 열 배, 즉  $LS = 250\text{mm}$ 이다. 0.997의 계수  $\bullet$ 로 24.58mm의 냉각 튜브(2) 지름(DK)이 산정된다. 상기 지름은 77.22mm의 튜브(2) 원주에 대응한다. 원형 상태에서 튜브의 원주는  $D = 25\text{mm} - 78.54\text{mm}$  지름이었다. 또한 튜브(2)가 방사상 방향으로 0.3% 수축한다면, 냉각된 상태에서 상기 튜브의 지름은  $25\text{mm} \times 0.997\text{mm} = 24.93\text{mm}$ 이다. 이로 인해, 상기 튜브의 원주는 78.30mm이다. 이러한 예의 경우, 갭(8)의 너비는  $78.30\text{mm} - 77.22\text{mm} = 1.08\text{mm}$ 로 계산된다.

[0019] 상기 튜브(2)에 사용된 재료는 수축을 통해 갭(8)이 좁아질 경우 탄성적인 변형이 발생하지 않거나, 또는 약간의 탄성적인 변형이 발생하도록 이상적인 방식으로 제공되어 있다. 이것은 대응하는 벽 두께를 갖는 재료의 적

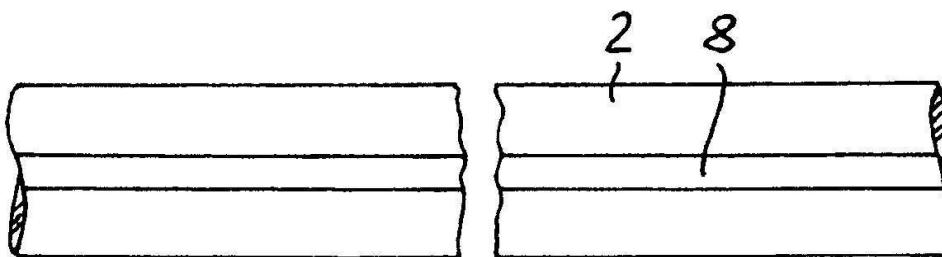
합한 선택을 통해 달성될 수 있다.

도면

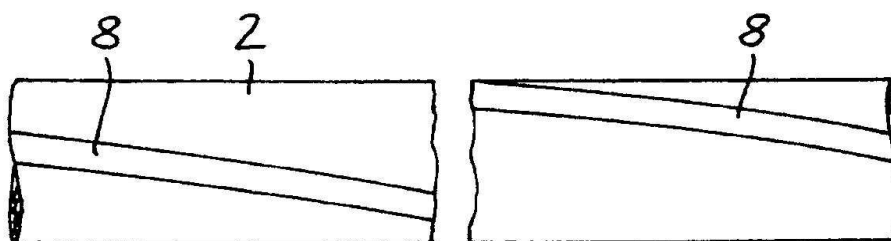
도면1



도면2



도면3



도면4

